

# 積雪の対数アルベドの簡易測定

中 峠 哲 朗<sup>\*</sup>・高 田 和 郎<sup>\*</sup>・段 野 勝<sup>\*\*</sup>

## Simple Measurement of Logarithmic Albedo in the Snowcover

Tetsuro NAKATAO, Kazuo TAKATA and Masaru DANNO

(Received 16 Oct, 1967)

Simple apparatus measuring logarithmic albedo number of the snowcover is tested in order to make the measurement on the natural snowcover in field and to provide the discussion of properties of the snowcover with a new optical factor.

Present apparatus is composed of two parts; one is a light detector in which two similar silicon photocells measure upward and downward light flux in the snowcover, the other is an electric circuit to read the logarithmic albedo number by the use of electric signals from the light detector. It is noted that logarithmic albedo number  $r$  is approximately equal to optical constant  $\sqrt{2k/s}$ , where  $k$  is extinction coefficient of the snowcover and  $s$  is scattering coefficient.

Practical results obtained with the present apparatus is as follows :

- (1)  $r$  varies remarkably with the variation of the snowcover properties, such as density, in the lapse of time. Moreover, when the light detector is inserted into the snowcover in a direction slightly oblique to horizontal direction, measured value of  $r$  varies remarkably near the boundary between snowcover seams.
- (2) Daily variation of the measured value of  $r$  shows its definite dependence upon the wetness of the snowcover.
- (3) The measured value of  $r$  is much affected by the height from the ground surface, and it must be caused by very small optical reflection coefficient of the ground surface. For the granulated snowcover the exact measurement may be expected when it is carried out at the height more than 50cm.

### 1 結 言

積雪中に入射する日光は、一般には表面に斜に入射するが、積雪中を透過する途中で光は散乱するため積雪表面から内部に進むにつれて、光強度の異方性は減少する。しかし、積雪中の光吸収によって上下方向の異方性は残る。

いま一様な積雪中に一つの水平面をとって、上向きおよび下向きの照度の比をとれば、この比は積雪の光学的定数によって定まる量となり、アルベドとして知られている。しかし積雪中においてこの量を正確に測定することはかなり困難であり、その原因の一つは積

雪中に照度の検知器を入れることによって被測定対象である照度そのものが乱されることである。

この困難をまぬがれるために各種の方法が考案されているが、いずれも実験装置はかなり面倒なものであるのみならず、積雪では光透過率が大きくかつ散乱率が小さいためにそれらの測定法を積雪に適用するときにはかなり大型の装置をつくるが必要となり、野外で自然積雪についての実験を行なうためには著しく不便なものとなる。

しかし測定結果にかなりの誤差を認めてよいならば積雪中に照度測定器を直接挿入できるので、測定が迅速となり、かつ操作が簡単となるので実用性がある

\* 助教授 \*\* 教授

特に積雪中の不均一性を考慮すれば、あまり手数をかけて正確な値を求めることの当否が疑問であり、主として積雪の相対的な性質の差異を問題とするときは、直接挿入法による測定を行なってもかなりよい結果が得られるであろう。これらの観点より筆者等は直接挿入方式による対数アルベド測定器を試作し、測定を試みた。

ここで対数を用いた理由は、次節のべるように雪質による数値の変化を拡大して測定し、正確な結果を得ることと同時に、その値はまた他の物理的意味をもつことが明らかになったためである。

## 2 測定装置

試作したアルベド測定装置は形状および特性の等しい二つのシリコン・ホトセルを用いて上向き照度および下向きの照度を測る測光素子と、それを用いて2つの照度の比の対数を求める電気回路部分とより成り立っている。

使用したホトセルは外径25mmのディスク状の太陽電池2個であり、これを厚さ1mm、巾30mm、長さ250mmのベークライト板の両面に受光面を外側にして貼りつけて測光素子とした。この測光素子をつくるときは、積雪中への差し込みを容易にすること、機械的強度を充分にすること、操作を便利にすることなど種々の工夫が加えてあるが、その詳細については省略する。

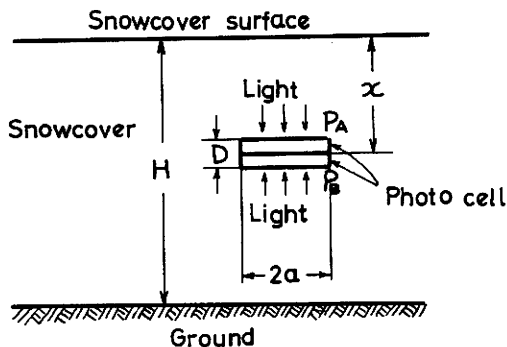


Fig. 1 Aldedo measurement in the snowcover

つぎにこの測定装置の動作原理について述べる。いま Fig. 1 に示すように2つのホトセルの受光面が上下方向となるように測光素子を積雪中に挿入した場合を考える。ホトセルの短絡電流はその受光量に比例するから、これらのホトセルをそれぞれ Fig. 2 に示すように2つの等しい値の微小抵抗  $R_s$  で短絡すると、それらの抵抗にはそれぞれの受光量に比例した光電流

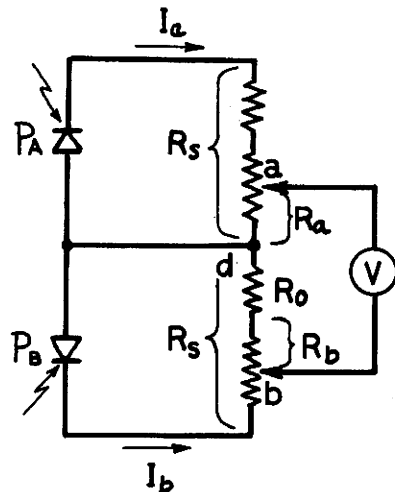


Fig. 2 Principle of the albedo measurement

$I_a$ ,  $I_b$ が流れる。いま図中の記号を用い、点dを基準として  $R_s$  中の点aとbとの電圧を表わすと、両者はそれぞれ  $V_a = I_a R_a$  および  $V_b = I_b (R_0 + R_b)$  であるから、もし  $R_a$ ,  $R_b$  を調節して右端に付した電圧計Vのよみが零になるように調整すれば次式が成立する。

$$I_a R_a = I_b (R_0 + R_b)$$

あるいはこれを書き直して対数アルベド

$$r = \log(I_b/I_a)$$

を求めると、

$$r = \log(I_a/I_b) = \log(R_0/R_a) + \log(1 + R_b/R_0)$$

となる。

いま Fig. 1 においてホトセル  $P_A$  は  $P_B$  よりも受光量が大いので、 $I_a/I_b$  は1より大きい値であるから、これが10以下の値であるときのみを考えると、左辺  $r$  は小数となる。

ゆえに操作の便を考えて、 $r$  の小数点以下1桁目の値に対応して  $R_a$  を調整し、小数点以下2桁目に対応して  $R_b$  を調整するようにつくることができる。 $R_0$  を一定として  $R_a$ ,  $R_b$  の値を計算した結果は Table 1 となる。この値を用いて実際の配線を Fig. 3 のようにした。

切り換えスイッチ  $S_a$  によって  $\log(R_0/R_a)$  を0から1までの区間を  $1/10$  ごとに選択し、スイッチ  $S_b$  によって  $\log(1 + R_b/R_0)$  を0から0.1の区間を  $1/100$  ごとに選択することができるからスイッチ  $S_a$ ,  $S_b$  を調節して電圧計Vのよみが最小値となるようにすれば対数アルベド  $\log(I_a/I_b)$  の値を  $1/100$  の精度で簡単に測定することができる。

Table 1 The values of  $R_a$  and  $R_b$  in the apparatus

$\log(R_0/R_a)$	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
$R_0/R_a$	1.00	1.26	1.59	2.00	2.50	3.20	4.2	5.0	6.3	8.0	10.0
$R_a$ for $R_0 = 1 \text{ k}\Omega$	1000	800	630	500	400	320	250	200	159	126	100
difference ( $\Omega$ )		200	170	130	100	80	70	50	41	33	26
$\log(1+R_b/R_0)$	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10
$1+R_b/R_0$	1.000	1.023	1.047	1.071	1.095	1.122	1.148	1.175	1.202	1.230	1.259
$R_b/R_0$	0.000	0.023	0.047	0.071	0.095	0.122	0.148	0.175	0.202	0.230	0.259
$R_b$ for $R_0 = 1 \text{ k}\Omega$	0	23	47	71	95	122	148	175	202	230	259
difference ( $\Omega$ )	0	23	24	24	24	27	26	27	27	28	28

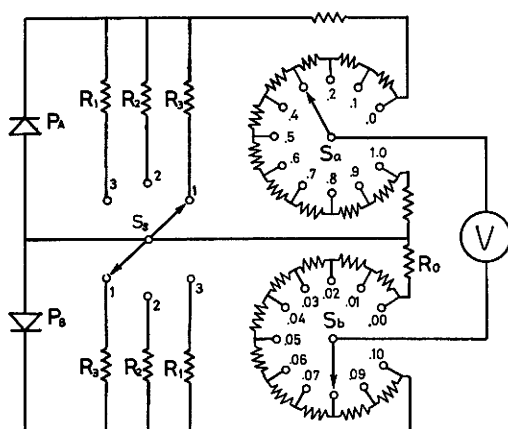


Fig. 3 Circuit diagram of the apparatus

なお連動スイッチ $S_2$ は2つのホットセルの短絡抵抗を常に同一値をとりながら抵抗の値を替えるようになっている。これを付した理由は、日光の強さは時間とともに著しく変化し、抵抗 $R_3$ の両端間に生ずる光起電力が飽和したり、過少となったりすることがあるために、抵抗 $R_3$ の値を適当に選択し、 $r$ の測定を容易に

するためである。

### 3 対数アルベド

この測定法によって得られる量が対数アルベドに近いこと、および対数アルベドのもつ物理的意味についてのべる。

積雪は層構造をもっているが、簡単な場合として、ほぼ一様な積雪を仮定し、その光散乱係数が $s$ 、光吸収係数が $k$ 、深さが $H$ であって、地表面と積雪との境界での光反射率が $\mu$ であるとする。

この積雪層の上面から深さ $x$ の点に半径 $a$ 、厚さ $D$ 表面の反射率 $\mu'$ を持ったディスク状物体を挿入する。この場合のディスク上面と下面との照度の比の対数を求める。もちろん、この問題を正確に解くことは困難が多いので、この問題を単純化し、また実際の測定状況をも考慮して近似解を求める。

積雪による光の散乱は無方向性であり、また、挿入物体が十分に小さくて、 $\mu'$ の影響を無視し得る場合については、深さ $x$ の場所のアルベド $R$ は大浦、小林<sup>1)</sup>の求めた次の式で与えられる。

$$R = \frac{(s - s\mu - k\mu + \lambda\mu) \cdot \exp\{\lambda(H-x)\} - (s - s\mu - k\mu - \lambda\mu) \cdot \exp\{-\lambda(H-x)\}}{(s - s\mu + k + \lambda) \cdot \exp\{\lambda(H-x)\} - (s - s\mu + k - \lambda) \cdot \exp\{-\lambda(H-x)\}}$$

Table 2 Optical constants of the snowcover (after OURA and KOBAYASHI)

Classification of snow	Density $\rho(\text{g/cm}^3)$	Optical coefficients ( $1/\text{cm}$ )			Albedo $R$
		Extinction $\lambda$	Scattering $s$	Absorption $k$	
Granulated snow	0.30	0.34	2.1	0.027	0.85
Compact snow	0.25	0.34	2.7	0.027	0.94
Artificially compressed granulated snow	0.49	0.73	4.0	0.066	0.84
Artificially compressed compact snow	0.51	0.43	7.2	0.142	0.82
New snow	0.128	0.309	3.87	0.012	0.92

ここに

$$\lambda = \sqrt{k(k+2s)}$$

$\lambda$  は積雪の光減衰係数である。

いま積雪の光学的定数について両氏が測定した例を Table 2 に示す。この値を参照し、かつ  $x$  の値は条件

$$\lambda(H-x) \gg 1$$

を満足するようなものであると仮定すれば、次の近似式を用いることができる。

$$R \approx (s - s\mu - k\mu + \lambda\mu) / (s - s\mu + k + \lambda)$$

ここで積雪下面の反射率  $\mu$  はほぼ零に近いとみなせること、および一般に積雪の吸収係数  $k$  は散乱係数  $s$  よりも 2 桁程度小さいという事実 (Table 2 参照) から  $R$  は近似的に次の簡単な式で表わされる。

$$R \approx 1 / (1 + \sqrt{2k/s})$$

すなわち同質積雪中ではアルベドは測定位置によらず積雪の光学的性質のみに依存することが明らかとなる。

いま対数アルベド  $r$  を次式によって定義する。

$$r = -\log R = \log(1 + \sqrt{2k/s})$$

すでに  $k \ll s$  であることについては仮定しているから上式をテイラー展開し、 $\sqrt{k/s}$  について 2 次以上の高次微量を無視すれば、簡単な次式が得られる。

$$r = \sqrt{2k/s}$$

すなわち、積雪では光吸収係数  $k$  が小さいために、アルベドを用いるよりも対数アルベドを用いることが、直接積雪の光学的性質を表現し得ることがわかった。さらに興味ある点は、雪質によっては、アルベドの変化はあまり大きくないが、対数アルベドの変化は大きく、雪質の指標として用いる場合に便利である。

これまでの解析は測定器を挿入しない場合のアルベドについて行なってきたのであるが、挿入した場合には次に述べる効果のために対数アルベドは多少小さくなる。すなわち、ある水平面では測定器を挿入しない場合に上方からの光が下方からの光よりわずかに大きいとすれば、反射率がほとんど 1 に近いディスクを水平に入れることによって、ディスク周辺の積雪はディスクからの反射光によって照らされ、それによる散乱光は挿入しない時よりもディスク上面では大きくなり下面では小さくなる。

このため上下方向の照度比はますます小さく、したがって、対数アルベドは大きくなる。

#### 4 実験時の積雪状態

積雪の光学的性質は雪質によって種々に変化するの

で、 $r$  の値を種々の積雪について測定するとともに、測定結果の妥当性を検討するために、特に時間的な追跡を中心とした実験も行なった。

実験は福井市福井大学で行なった実験 A<sub>1</sub>、実験 A<sub>2</sub> および実験 B、福井県今立郡池田中学で行なったもの C の 4 つに分れている。

最初に A<sub>1</sub> と A<sub>2</sub> とはともに昭和 42 年 2 月 1 日から 4 日までに行なった測定で、1 日中日照のある地点で行なったものを A<sub>1</sub>、一日中日陰となっている地点で行なったものを A<sub>2</sub> とした。福井大学では測定時の最下層はざらめ雪層 (以下 E<sub>1</sub> と略称する) で、これは 1 月 18 日までの降雪による残雪である。その上に 1 月 30 日の水を含まない新雪による層 E<sub>2</sub> がみられ、さらに 2 月 1 日夜に降雪した多少水分があるように思われる粉雪による層 E<sub>3</sub> があつた。積雪深は日照地点 A<sub>1</sub> では 2 月 1 日 8 時に E<sub>1</sub> の厚さ 22cm, E<sub>2</sub> 15cm, E<sub>3</sub> 9cm であつた。

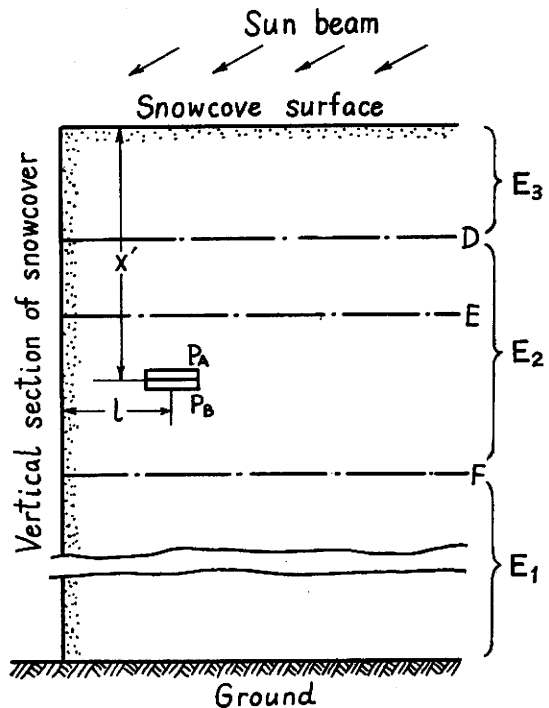


Fig. 4 Horizontal insertion test.

この積雪は後に述べる垂直、水平、斜め挿入実験を行なった 3 日の 15 時では Fig. 4 に示するように大体上下 2 層に分かれていた。下層のざらめ雪層 E<sub>1</sub> は厚さ 19cm であり、上層のしまり雪層は E<sub>2</sub> の 8.5cm と E<sub>3</sub> の 4.5cm とより成るが、E<sub>2</sub> と E<sub>3</sub> とはよく似た雪質となっている。また上部のしまり雪の中には E<sub>2</sub> と E<sub>3</sub> の境

界であるDと、Eで示す多少高密度の薄い層がやや明瞭に認められるほか、さらに識別困難な程度の薄い層が多数存在するように思われた。

次に実験Bは福井大学内の日陰地点で、2月17日から20日までに行なったものである。17日10時の積雪状態は $E_1$ ,  $E_2$ ,  $E_3$ の残雪がざらめ層として5cmあり、その上に2月16日に降った乾いた粉雪 $E_4$ が32cmあった。しかし17日夜までに表層部5cmはざらめ化し、その上、夜間に新たな降雪 $E_5$ があったので18日10時には $E_3$  4cm,  $E_4$  31cm,  $E_5$  8cmとなった。 $E_4$ 上部のざらめ層はその後厚くなり、19日11時および20日10時には8cmであった。

最後に実験Cは2月21日池田中学で行なったもので降雪 $E_3$ の残雪がざらめ雪層56cmを形成し、その上に $E_4$  36cm,  $E_5$  17cmであった。 $E_4$ の表層には1cm程度の氷板を生じていた。

## 5 測 定

試作した対数アルベド測定装置の特性をしらべるために、二三の基礎実験を試みた。しかし実験を開始して以来この装置を実用化するためには装置の構造、測定操作、測定条件などについて、多くの問題があり、早急に決論を見出すことはむずかしいように思われた。そのために今回は主として装置の使用条件および測定操作に関する実験を行なった。

### 5・1 垂直挿入実験

前節に説明した実験A<sub>1</sub>の積雪について、次の実験を行なった。すなわちこの測定器が一樣な光の中では指度零を与えることを確かめること、および太陽は西北西の方向で高度約35°で積雪面に斜に入射していたが、積雪中の光の水平分布はどの深さで方向性がなくなるかを確認することである。

積雪表面から、それに垂直に測光素子を挿入して、いろいろの深さでの $r$ の値を測定した。その結果、積雪中に2cm以上、すなわちホットセルがじゅうぶん積雪中に埋もれるまで挿入すれば、測定器の方向のいかんにかかわらず常に $r$ の指度は零を示した。

### 5・2 水平挿入実験

アルベド測定するには、積雪中に垂直断面をとり、その一方の積雪を除いた後、その断面から積雪中に測光素子を挿入した。このとき太陽は西北西の方向にあったので南向きの積雪断面をつくつた。この断面をつくることにより、積雪中の照度分布は自然状態と異なり、そのために測定値は誤差を含むものとなる。

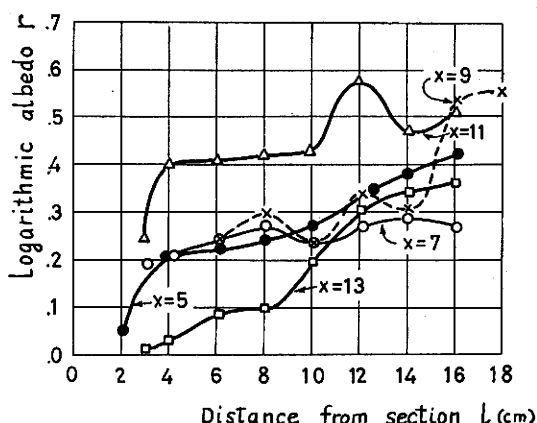


Fig.5 Variation of logarithmic albedo with distance from the section to the photocell under constant distance  $x$  from the snowcover surface.

いま Fig. 4 のように測定素子を挿入したとき、積雪断面の一方の積雪を除いたためにおこる $r$ の測定誤差は測定器を断面から奥深くまで挿入するほど少なくなると考えられる。ホットセルの位置が積雪表面から下に距離 $x$ cmであるときについて断面からホットセルまでの距離 $l$ をいろいろに変えたときの対数アルベドを測定し、その結果を Fig. 5 に示した。このとき積雪は実験A<sub>1</sub>の場合で、地表面は枯れた芝生をわずかに含むやや黒みがかった黄土である。断面から積雪中に光が入射するために $r$ の測定値に誤差を生じ、測定点より上方にある積雪量が多いほど誤差も大きくなる。したがって5・1に述べた結果より考えて、ホットセルの位置より上に5cmだけ積雪を残し、さらにその上の部分の積雪を取り除いて $r$ の測定を行なった。またこの場合各測定値は積雪断面を順次20cmづつ奥に掘りすすんで求めたものであるから、ほぼ同質の積雪を測定したものと考えてよい。Fig. 5 より次のことがわかる。

(i)  $l$ が14cm以下の部分では $x=5, 7, 9$ cmに対応する測定値はほぼ一致している。しかし $x=11$ cmと $x=13$ cmの2つの場合は他の測定値と大きく異なっている。対数アルベドは雪質のみではなく積雪の層構造によっても影響されることを考えると上記2つの場合には、測光素子と下層のざらめ雪との距離が小さいことの影響が存在するものと思われる。

(ii) つぎに $l$ が零に近いところでは積雪断面から入る光のために $r=0$ となることは明らかであり、測定結果よりすれば、この影響が $l=4$ cmの付近まで認められ、したがって、しまり雪では $l$ が4cmより大き

いところでの測定値を採用すれば正しい結果が得られる。

(iii)  $l = 5 \sim 10 \text{ cm}$  の測定値は  $x$  のいろいろの値に対しても一致しているからこれが正しい測定値であろう。

(iv) 最後に  $l$  が  $10 \text{ cm}$  より大きい場合の測定値の変動についてのべる。 $x = 5 \text{ cm}$  の場合は Fig. 4 より明らかなように、高密度薄層のすぐ下の位置であるから測光素子の挿入が充分に水平ではなくて多少上向きになっていた場合には、測定値が Fig. 5 のような曲線変化をすることは容易に理解される。

以上の考察より、しまり雪の対数アルベドは  $x = 7 \text{ cm}$  以上の値、すなわち、約  $0.22$  であると考えられる。これはアルベドにして  $0.60$  にあたり、他の測定者による値よりも小さくなっているが、これはすでに §3 の末尾に推論したように、測定器を挿入したことによるものと考えられる。

### 5・3 斜挿入実験

前項で述べた結果のうち測光素子が斜に薄い氷板を切るように挿入されたという仮定を確認するため、測光素子を故意に水平面より傾けて実験した。

すなわち、Fig. 6 に示すように雪面よりの深さ  $x' \text{ cm}$  の積雪断面から、水平面と  $15^\circ$  の角度で斜上向きに測光素子を挿入し、その挿入長  $l$  と対数アルベド  $r$  との関係は  $A_1$  の積雪について測定した。しかしこの値には積雪断面からの光による影響があるので、それを

Fig. 5 の結果により補正をほどこした後図示すると Fig. 7 となった。

やや明瞭にみられていた氷板 D、E の位置は図中に太線で示してあるが、これら氷板と対数アルベドとの関係は図から明らかなように、いずれの場合にも氷板の  $0.5 \sim 1 \text{ cm}$  下で対数アルベドの極大があらわれてい

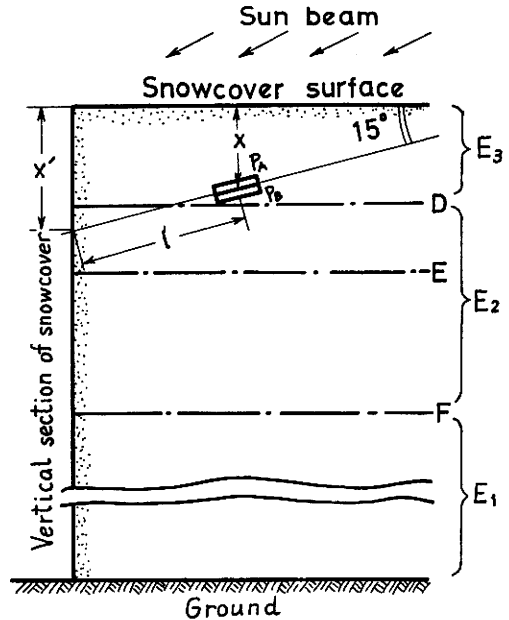


Fig. 6 Oblique insertion test.

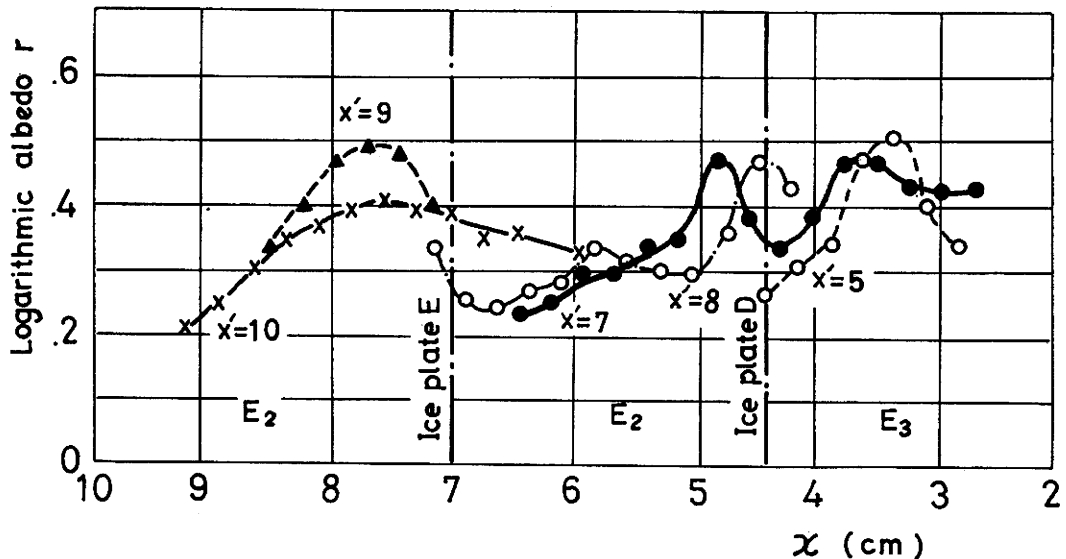


Fig. 7 Variation of logarithmic albedo in oblique insert test, where  $x$  is actual distance of the photocell from snowcover surface.

る。この理由は次のように考えられる。すなわち極大の位置ではホットセルの先端が氷板を突き破り始めた位置付近に相当し、この位置ではホットセルの下面はセルの厚みのためにいまだ氷板上面には出ておらず、したがって、上向きの光の強さの変化は小さいが、下向きの光の強さが増加するために  $r$  が増大するものと思われる。

次に  $x = 7 \text{ cm}$  の場合には特に明瞭に見られるが、氷板の上の位置付近で極小があらわれている。これは大部分のホットセル下面が氷面上面に達し、氷板上面からの反射光のために  $I_B$  が増加するためにあらわれたものと考えられる。

これらの結果より、厚さ数mmの薄い氷板であってもその氷板と斜交するように測光素子を挿入して対数アルベドを測定すれば、氷板付近で特異な測定値の変動がおこること、したがって、逆にそのような変動がある場合には氷板の存在を示すものであることがわかった。

#### 5・4 含水率と対数アルベド

最初の実験  $A_1$ ,  $A_2$  では積雪の含水率を測定しなかったのであるが、対数アルベドの測定値は含水率とも関係すると思われたので、両者の関係を、次の便法によって推定する。

積雪の対数アルベド  $r$  と積雪密度  $\rho$  との関係を  $A_1$  と  $A_2$  の新雪、およびしり積雪について、時間的に追跡して、それぞれ Fig. 8 (a), (b) を得た。すでに §4 で述べた積雪状態を考慮すれば、これらの測定値のうち、2月1日の測定値はほとんど乾いた積雪について

の測定値であり、2月2日の測定値はややしめった場合に対応する。さらに3日および4日に高気温および降雨のため非常に含水量が大きい。かくして測定時刻と積雪含水量の相対的な大小関係が推定されたので、次に測定時刻を無視し、含水率の大小のみを区別して (a), (b) の全プロットを描くと Fig. 8 (c) が得られる。

この結果  $\rho < 0.3$  でしかも同密度の新雪およびしり雪に対しては、含水率が小さいほど  $r$  が大きいことがわかる。

実験Bでは含水率と  $r$  との値を毎日測定して両者の関係を求めた。その結果を Fig. 9 (a) に示すが、それによると新雪が、時間経過によって、その雪質が変化すると共に  $r$  が減少し、さらに含水率  $w$  が大きくなると  $r$  は急激に減少する。さらに積雪が、再び凍結をおこして、含水率が減少すると  $r$  の値も大きい値まで回復するという著しい特徴がよく認められる。

#### 5・5 測定におよぼす地面の影響

これまでの測定では、測定点は地上20cmまたはそれ以上の高い位置にあるので、地面の影響を無視し得ると考え、それにはふれなかった。

実験  $A_1$ ,  $A_2$  の場合に地表に近いざらめ雪について  $r$  を測定した結果は Fig. 9 (b) に示すように、 $r = 0.2 \sim 0.5$  という高い値を示しこれが真の積雪の  $r$  であるか否かに疑問を抱いた。

幸い実験Bの場合には地上30cm付近にざらめ層が現われたのでその部分について  $r$  の測定を行ない、その結果を Fig. 9 (b) の中に示した。この層の上下がしり雪層であることを考慮すると、真のざらめ層の  $r$  の

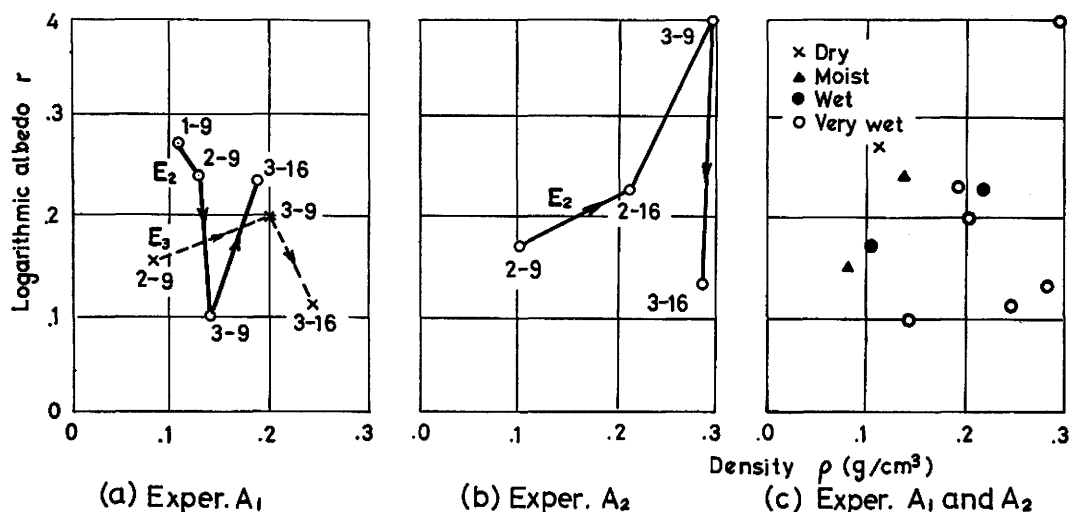


Fig. 8 Observed relation between logarithmic albedo and density  $\rho$ , where running numbers are the date and hour in experiment.

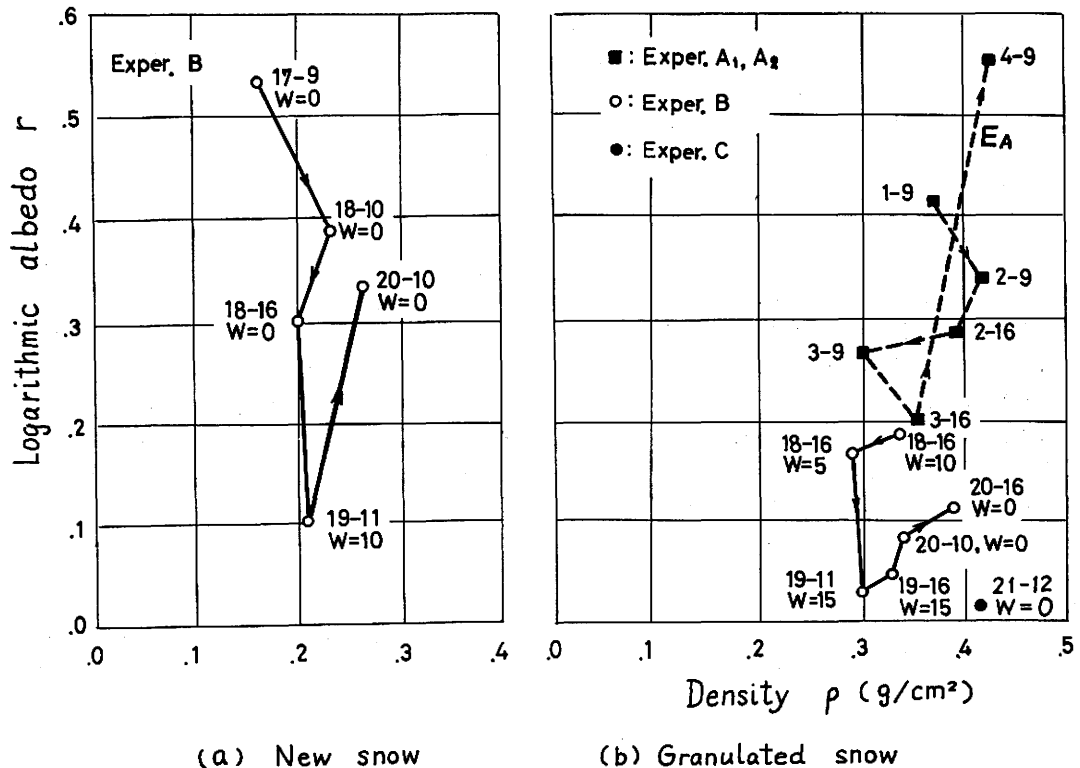


Fig. 9 Logarithmic albedo as a function of density, where running numbers are same as in Fig. 8 and  $w$  is wetness in %.

値は著しく小さいと考えるべきであることを示す。

また実験Cでは地上50cmのざらめ雪層について測定した結果も、Fig. 9 (b) の中に記入してある。

以上の結果より、ざらめ層の  $r$  の値は非常小さいと思われる。A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub> および B における値は地表面から10cmあるいは30cm程度であるから、地面の反射係数  $\mu$  が零に近いことが影響して、実験C, B, Aの順に  $r$  の測定値は大きくなり、かつ地表面の上約50cm以上の位置でないと  $r$  の正しい測定値は得られないものと思われる。したがって地表面近くでの対数アルベドの測定は、この方法では実用困難であることがわかった。

## 6 結 言

積雪中に測光素子を直接挿入する方式によって積雪のアルベドを測定するために、対数アルベド測定器を試作した。それを用いて、平坦地の層状積雪での対数アルベドを測定した結果、次の事項を確認した。

(1) 積雪表面から数cm以上の深さの積雪内での水平方向照度は、日照方向に無関係にはば一様になっている。

(2) 人為的に積雪断面をつくったことによる対数アルベドへの測定誤差を無視するために必要な測光素子の挿入深さは、しまり雪では約4cm、ざらめ雪では約10cmである。

(3) 比較的不明確な薄い氷板があるときも測光素子はその層を斜に突き切るような方法で、アルベドの変化を測定すれば、その層の存在を検知可能であることが判明した。

(4) 雪質が新積雪からしまり雪、ざらめ雪と変化するにともなって、対数アルベドは急速に減少する。

(5) 含水率と対数アルベドとの関係は積雪密度が同じであれば、含水率が大きいほど、対数アルベドは小さくなることが観測された。

以上によって本測定器の動作は一応確認されたといえることができる。この装置は取扱いの容易さ、測定のじん速性、可搬性等の利点があるので、野外における積雪の雪質の時間的変化、並びに場所的変化の追求のための手段として、非常に有効であり、さらに積雪の他の諸性質を測定する測定器と併用すれば、その有用性は著しく増大するものと確信している。



しかし物理的な観点に立ってこの装置による測定結果のもつ意味を明らかにすること，あるいはその測定結果を直接積雪の性質と関連づけることはかなり面倒な仕事であり，今後慎重な検討を要する。

#### 文 献

- 1) 大浦浩文, 小林大二 ; 低温科学, 物理編, 第23 輯87 (昭和40)  
87

(昭和42年10月16日受理)